



Attorney Docket No.: 4001-1148

PATENT

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: KRAUSE et al. Conf. No.: Unknown  
Appl. No.: 10/619,582 Group: Unknown  
Filed: July 16, 2003  
For: PRESSURE TRANSMITTER HAVING A PRESSURE  
SENSOR OF MICROMECHANICAL DESIGN

L E T T E R

Assistant Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Date: August 1, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55(a), the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on the following application(s):

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
GERMANY	102 32 721.1	July 16, 2002

A certified copy of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to Deposit Account No. 25-0120 for any additional fee required under 37 C.F.R. §§ 1.16 or 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

YOUNG & THOMPSON

By *Benoît Castel*  
Benoît Castel, #35,041

BC/psf

745 South 23<sup>rd</sup> Street, Suite 200  
Arlington, Virginia 22202  
(703) 521-2297

Attachment



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 32 721.1

**Anmeldetag:** 16. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, München/DE;  
First Sensor Technology GmbH, Berlin/DE.

**Bezeichnung:** Druckgeber mit Drucksensor in mikromechanischer  
Bauweise

**IPC:** G 01 L 9/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. Juli 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trade Mark Office.

Ebert

Beschreibung

Druckgeber mit Drucksensor in mikromechanischer Bauweise

5 Die Erfindung betrifft einen Druckgeber mit einem Gehäuse zur Halterung eines membranartigen Drucksensors in mikromechanischer Bauweise und einer Trennmembran, die auf ihrer einen Seite mit dem membranartigen Drucksensor verbunden ist und auf ihrer anderen Seite mit einem Fluid mit dem zu messenden  
10 Druck baufschlagbar ist.

Ein solcher Druckgeber ist beispielsweise aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 41 06 102 A1 bekannt. Dieser Druckgeber weist ein Gehäuse auf, in dessen Innenraum ein Drucksensor in mikromechanischer Bauweise mit einer piezoresistiven  
15 Membran gehalten ist. Das Gehäuse kann mittels eines Gewindes beispielsweise in den Zylinder einer Brennkraftmaschine eingeschraubt werden, wobei das Innere des Gehäuses durch eine mit dem Gehäuse verschweißte Trennmembran vom Brennraum des  
20 Zylinders abgeteilt wird. Dabei ist die Trennmembran den im Brennraum herrschenden Druckverhältnissen ausgesetzt. Der Druckaufbau an der Trennmembran wird über ein stempelartiges, starres Verbindungsglied auf den Drucksensor übertragen und kann dadurch gemessen werden.

25 Aufgabe der Erfindung ist es, einen vergleichsweise einfach aufgebauten Druckgeber mit vergleichsweise geringer Baugröße anzugeben.

30 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zumindest ein Teil des Gehäuses ebenfalls in mikromechanischer Bauweise ausgeführt ist und die Trennmembran eine in der Wandstärke verdünnte Region dieses Teils des Gehäuses ist,

das im Bereich dieser Region den membranartigen Drucksensor trägt. Ein wesentlicher Vorteil bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Druckgebers liegt darin begründet, dass eine Übertragung des Druckes von der Trennmembran auf den membranartigen Sensor auf direktem Wege erfolgen kann, da der Drucksensor im Bereich der Trennmembran gehalten ist. Daher kann auf ein Übertragungsglied zwischen der Trennmembran und der Membran des Drucksensors verzichtet werden, so dass die Verbindung durch direktes Anliegen der Membranen aneinander gewährleistet ist. Alternativ kann ein Übertragungsglied mit sehr geringen Volumen zwischen den beiden Membranen vorgesehen sein. Dieses Übertragungsglied kann beispielsweise durch eine Schicht auf einer der Membranen gebildet sein.

Durch den Wegfall eines Übertragungsgliedes zwischen den Membranen bzw. dessen sehr geringvolumigen Aufbau wird außerdem der Bauraum, den der Druckgeber benötigt, vorteilhafterweise stark reduziert, so dass auch eine Anwendung bei sehr beengten Platzverhältnissen möglich wird. Ein weiterer wichtiger Vorteil besteht darin, dass auf ein als gesondertes Bauteil ausgeführtes Übertragungsglied verzichtet werden kann. Hierdurch verringert sich die Komplexität des Druckgebers, und es wird Fertigungsaufwand eingespart.

Die mikromechanische Bauweise zumindest eines Teils des Gehäuses ermöglicht weiterhin vorteilhafterweise die Integration des Drucksensors in beliebige mikrofluidische Systeme, wie z. B. Mikroreaktoren oder Gasanalyzesysteme. Dabei kann ein an der Trennmembran auftretendes Totvolumen im mikrofluidischen System vergleichsweise klein gehalten werden.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung kann der membranartige Drucksensor im Inneren des Gehäuses im Bereich der in der

Wandstärke verdünnten Region angebracht sein. Das Gehäuse kann auf diese Weise vorteilhaft zum Schutz des Drucksensors dienen, so dass beispielsweise ein Einsatz in einer Umgebung möglich wird, die ohne den Schutz den Drucksensor gefährden würde.

Im Gegensatz zur vorgenannten Ausgestaltung kann gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung der membranartige Drucksensor außen auf dem Gehäuse im Bereich der in der Wandstärke verdünnten Region angebracht sein. Dadurch kann das Gehäuse vorteilhafterweise für das Fluid, dessen Druck gemessen werden soll, verwendet werden.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ruft die starre Verbindung zwischen der Trennmembran und dem membranartigen Drucksensor eine Vorspannung in den verbundenen Membranen hervor. Diese Vorspannung kann beispielsweise durch die bereits erwähnte Beschichtung einer oder beider benachbart liegender Membranen erfolgen, wobei die Beschichtungsdicke größer ist als die Spaltbreite zwischen den Membranen. Hierdurch kann vorteilhafterweise die Funktionszuverlässigkeit des Druckgebers verbessert werden, da die Vorspannung eine zuverlässige Übertragung des zu messenden Druckes von der Trennmembran auf die Messmembran des Drucksensors gewährleistet.

25

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der in mikromechanischer Bauweise ausgeführtes Teil des Gehäuses aus einem Basissubstrat gebildet. Das Basissubstrat kann mittels der in der Mikrotechnik bekannten Verfahren, beispielsweise durch Mikrofräsen oder Ätzen bearbeitet werden. Damit ist die komplette Fertigung des Druckgebers in mikromechanischer Bauweise möglich. In dieser Ausführungsform des Gehäuses lässt sich der Drucksensor vorteilhafterweise

auch einfach in eine Kanalstruktur in mikromechanischer Bauweise, z. B. einen Mikroreaktor, integrieren, wobei die Kanalstruktur durch das Gehäuse mitgebildet wird.

- 5 Für die mikromechanische Bauweise der Trennmembran ist es vorteilhaft, wenn das Basissubstrat mehrschichtig mit einer die Trennmembran bildenden ersten Schicht, einer darauf folgenden Ätzstoppschicht und einer hierauf folgenden zweiten Schicht aufgebaut ist, in der zur Bildung der Trennmembran  
10 eine Kavität durch Ätzen bis auf die Ätzstoppschicht hinab hergestellt ist. Die Ätzstoppschicht ermöglicht somit vorteilhafterweise eine hochgenaue Fertigung der Trennmembran mit definierter Dicke. Dabei können Fertigungsungenauigkeiten aufgrund des Fertigungsverfahrens weitgehend eliminiert werden.  
15 Dabei kann auf marktübliche Basissubstrate mit einem entsprechenden Aufbau zurückgegriffen werden.

- Eine vorteilhafte Ausführungsform des Druckgebers sieht vor, dass zur Bildung einer Sensormembran des membranartigen  
20 Drucksensors in einem Sensorsubstrat eine ringförmige Vertiefung ausgebildet ist, so dass der im Inneren der Vertiefung befindliche Teil des Sensorsubstrates eine Versteifungsstruktur für die Sensormembran bildet, welche mit der Trennmembran in Verbindung steht. Die ringförmige Vertiefung kann einen  
25 kreisförmigen Verlauf, genauso aber auch einen anderen Verlauf, wie z. B. einen rechteckigen Verlauf in der Oberfläche des Sensorsubstrates aufweisen. Mit der Versteifungsstruktur ist vorteilhaft eine Funktionsintegration gewährleistet, nämlich einerseits die Sensormembran zu versteifen, um ein definiertes Druck-Weg-Verhalten zu erzielen, und andererseits eine  
30 starre Verbindung zwischen der Sensormembran und der Trennmembran zu erzeugen. Die Funktionsintegration trägt vor-

teilhaft weiter zur Verringerung des für den Druckgeber notwendigen Bauraumes bei.

Eine andere Ausführungsform des Druckgebers sieht vor, dass zur Bildung einer Sensormembran des membranartigen Sensors in einem Sensorsubstrat eine Vertiefung ausgebildet ist und die der Vertiefung abgewandte Seite der Sensormembran mit der Trennmembran in Verbindung steht. Dadurch ist vorteilhafterweise die Trennmembran der Sensormembran direkt benachbart, so dass ein Übertragungsglied eingespart werden kann bzw., wie bereits erwähnt, durch eine Beschichtung einer der Membranen gebildet werden kann.

Bei dieser Ausführungsform des Druckgebers ist es vorteilhaft, wenn auf dem Gehäuse, insbesondere dem Basissubstrat, vorgesehene elektrische Leitstrukturen mit auf dem Sensorsubstrat vorgesehenen elektrischen Leitstrukturen mittels Kontakt-Bumps verbunden sind. Hierbei kann vorteilhafterweise auf die an sich bekannte, so genannte Flip-Chip-Technik zurückgegriffen werden, um eine elektrische Kontaktierung zwischen dem Drucksensor und den weiteren Teilen des Druckgebers zu erreichen. Der Drucksensor wird an der dem Gehäuse zugewandten Seite mit den Kontakt-Bumps versehen, welche gleichzeitig für dessen Fixierung auf dem Gehäuse eingesetzt werden können. Der Vorteil der beschriebenen Variante liegt darin, dass die elektrischen Anschlüsse miniaturisiert werden können, wodurch eine weitere Verringerung der Baugröße des Druckgebers erreichbar ist.

Für den Fall, dass das Gehäuse für das Fluid vorgesehen ist, weist dieses gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung mindestens einen Anschluss für das Fluid auf. Mittels des Anschlusses kann der Druckgeber vorteilhaft an beliebige

Strukturen angebaut werden, wobei eine fluidische Verbindung zwischen dieser Struktur und dem Druckgeber hergestellt wird. Damit ist die Fertigung des Druckgebers als Standardteil möglich, wodurch ein breites Einsatzgebiet entsteht.

5

Eine andere Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass das Gehäuse mit einem Einlass und einem Auslass für das Fluid ausgestattet ist. Hierdurch kann der Druck im Durchflussverfahren gemessen werden, wodurch insbesondere bei wechselnden Fluiden eine schnelle Durchspülung der Druckmesskammer und damit verbunden geringe Totzeiten für den im Gehäuse ablaufenden Prozess verbunden sind.

10

Eine zusätzliche Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass an der dem Fluid abgewandten Seite der Trennmembran ein Temperaturfühler angebracht ist. Hierdurch lässt sich mittels des Druckgebers bei geringem Platzaufwand gleichzeitig eine Temperaturüberwachung des Fluides vornehmen. Der Temperaturfühler kann dabei direkt an der Trennmembran angebracht werden, so dass aufgrund der vergleichsweise dünnen Wandstärke der Membran eine direkte Temperaturmessung möglich ist. Durch die Funktionsintegration der Druck- und Temperaturmessung ist vorteilhaft eine weitere Verringerung des für die Sensoren benötigten Bauraums möglich.

20

25

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen beschrieben. Hierbei zeigen

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel eines Druckgebers, bei dem der Drucksensor in Flip-Chip-Technologie montiert ist, als schematischen Schnitt und

30

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel eines Druckgebers mit einem Drucksensor, der eine Versteifungsstruktur für die Sensormembran aufweist, als schematischen Schnitt.



Der in Figur 1 dargestellte Druckgeber besteht im Wesentlichen aus einem Gehäuse 11 und einem Drucksensor 12. Das Gehäuse 11 weist ein Basissubstrat 13 auf, welches entlang einer Trennfuge 14 mit einem Deckelteil 15 durch Bonden verbunden ist. In dem Verbund zwischen Basissubstrat und Deckenteil ist eine Kavität 16 ausgebildet, welche einen Einlass 17 und einen Auslass 18 für ein Fluid aufweist, dessen Druck gemessen werden soll.

10

Das Basissubstrat besteht aus einer ersten Schicht 19, einer darauf folgenden Ätzstoppschicht 20 und einer hierauf folgenden zweiten Schicht 21. Die Kavität 16 ist durch Ätzen der zweiten Schicht 21 des Basissubstrates hergestellt. Die zweite Schicht wird bis auf die Ätzstoppschicht 20 hinabgeätzt, so dass die Ätzstoppschicht und die jenseits der Ätzstoppschicht liegende erste Schicht 19 eine Trennmembran 22 bilden. Das Basissubstrat kann beispielsweise ein SOI-Si-Wafer (Silizium on Insulator- Silizium-Wafer) sein, wobei die „Insulator-Schicht“ die Ätzstoppschicht 20 darstellt. Alternativ kann die Kavität im Basissubstrat allerdings auch beispielsweise als keramisches Formteil durch Laminieren sogenannter Greentapes hergestellt werden.

Über eine Verbindungsschicht 23, die z. B. aus Siliziumoxid oder auch einem Polymer gebildet sein kann, ist die Trennmembran mit einer Sensormembran 24 verbunden, die als Teil eines Sensorsubstrates 25 durch Ätzen einer Vertiefung 26a gebildet ist. Der Drucksensor ist mittels Kontakt-Bumps 27 im Bereich der Trennmembran, also des in der Wandstarke verdünnten Teil des Gehäuses, fixiert, wobei die Kontakt-Bumps 27 gleichzeitig der elektrischen Verbindung zwischen nicht näher

dargestellten Leitstrukturen auf dem Drucksensor und dem Gehäuse dienen.

Wird die Trennmembran 22 aufgrund des sich in der Kavität 16 befindlichen Fluides einer Druckbeaufschlagung ausgesetzt, so biegt sie sich zur Sensormembran hin durch, welche wegen der starren Verbindung über die Verbindungsschicht 23 ebenfalls verformt wird. Diese Verformung wird mittels von am Rande der Sensormembran 24 implantierten oder diffundierten, nicht dargestellten Widerständen erfasst. Diese Widerstände sind über die Kontakt-Bumps 27 mit einer Auswertungseinheit 28 verbunden, welche ein Drucksignal  $p$  liefert.

Weiterhin ist auf der Trennmembran 22 ein Temperaturfühler 29 gebildet, der beispielsweise aus einer Metallschicht bestehen kann, deren Widerstand sich temperaturabhängig verändert. Über eine entsprechende elektrische Verbindung ist ein Temperatursignal  $T$  erzeugbar.

Figur 2 zeigt eine alternative Ausgestaltung eines Druckgebers nach der Erfindung, wobei Bauteile, die in ihrer Funktion dem Druckgeber gemäß Figur 1 entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind und nicht näher erläutert werden.

Der Druckgeber gemäß Figur 2 unterscheidet sich in der Anbringung des Temperatursensors 12. Die Sensormembran 24 ist als ringförmige Vertiefung 26b ausgebildet, so dass innerhalb dieser ringförmigen Vertiefung eine Versteifungsstruktur 30 gebildet ist. Diese Versteifungsstruktur vergrößert die Steifigkeit der Membran 24, deren Verformung dadurch mit einer definierten Geometrie erzeugbar ist. Weiterhin ist die Versteifungsstruktur 30 über die Verbindungsschicht 23 mit der Trennmembran 22 verbunden, was durch eine Montage des Druck-

sensors 12 auf dem Bereich mit der Trennmembran 22 des Gehäuses 11 derart erfolgt, dass die Vertiefung dem Gehäuse zugewandt ist. Der Drucksensor kann beispielsweise durch Kleben mit dem Gehäuse verbunden werden.

5

Auf dem Gehäuse ist weiterhin eine Tragstruktur 31 für die Aufnahme einer Schutzkappe 32 für den Drucksensor 12 befestigt. Die Schutzkappe ist über Lötverbindungen 33 mit der Tragstruktur 31 verbunden, wobei in der Schutzkappe gleichzeitig die Auswertungseinheit 28 untergebracht ist. Die Lötverbindungen 33 sowie Bonddrähte 34 sorgen für eine elektrische Kontaktierung zwischen Drucksensor 11 und der Auswertungseinheit 28 mittels nicht näher dargestellter Leiterbahnen, welche in der Schutzkappe 32, der Tragstruktur 31 und dem Drucksensor 12 vorgesehen sind. Auf die gleiche Weise sind Steckverbindungen 35 in der Schutzkappe kontaktiert, die ein Auslesen der Sensorsignale p, T ermöglichen.

10

15

Bei der Ausführungsform gemäß Figur 2 sind der Einlass 17 und der Auslass 18 jeweils als Anschluss 36 ausgebildet. Über die Anschlüsse 36 ist der Druckgeber mit einer Trägerplatte 37 verbunden, welche ein Kanalsystem in mikromechanischer Bauweise enthält. Dieses Kanalsystem bildet beispielsweise einen Mikroreaktor. Die Anschlüsse sind über O-Ringe 38 abgedichtet. Für eine Fixierung des Druckgebers 11 auf der Trägerplatte 37 sorgt eine Befestigungsklammer 39, welche sich auf der Tragstruktur 31 abstützt und mittels einer Rastverbindung 40 mit der Trägerplatte 37 verbunden wird.

20

25

Patentansprüche

1. Druckgeber mit einem Gehäuse (11) zur Halterung eines membranartigen Drucksensors (12) in mikromechanischer Bauweise und einer Trennmembran (22), die auf ihrer einen Seite mit dem membranartigen Drucksensor (12) verbunden ist und auf ihrer anderen Seite mit einem Fluid mit dem zu messenden Druck beaufschlagbar ist,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

10 dass zumindest ein Teil des Gehäuses ebenfalls in mikromechanischer Bauweise ausgeführt ist und die Trennmembran (22) eine in der Wandstärke verdünnte Region dieses Teils des Gehäuses (11) ist, das im Bereich dieser Region den membranartigen Drucksensor (12) trägt.

15

2. Druckgeber nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der membranartige Drucksensor (12) im Innern des Gehäuses (11) im Bereich der in der Wandstärke verdünnten Region angebracht ist.

20

3. Druckgeber nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der membranartige Drucksensor (12) außen auf dem Gehäuse (11) im Bereich der in der Wandstärke verdünnten Region angebracht ist.

25

4. Druckgeber nach einem der vorangehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

30 dass die starre Verbindung zwischen der Trennmembran (22) und dem membranartigen Drucksensor (12) eine Vorspannung in den verbundenen Membranen hervorruft.

11

5. Druckgeber nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der in mikromechanischer Bauweise ausgeführte Teil des  
Gehäuses (11) aus einem Basissubstrat (13) gebildet ist.

5

6. Druckgeber nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Basissubstrat (13) mehrschichtig mit einer die  
Trennmembran (22) bildenden ersten Schicht (19), einer darauf  
10 folgenden Ätzstoppschicht (20) und einer hierauf folgenden  
zweiten Schicht (21) aufgebaut ist, in der zur Bildung der  
Trennmembran eine Kavität (16) durch Ätzen bis auf die Ätz-  
stoppschicht (20) hinab hergestellt ist.

15 7. Druckgeber nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Bildung einer Sensormembran (24) des membranartigen  
Drucksensors in einem Sensorsubstrat (25) eine ringförmige  
Vertiefung (26b) ausgebildet ist, so dass der im Inneren der  
20 Vertiefung (26b) befindliche Teil des Sensorsubstrates (25)  
eine Versteifungsstruktur (30) für die Sensormembran bildet,  
welche mit der Trennmembran (22) in Verbindung steht.

8. Druckgeber nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
25 dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Bildung einer Sensormembran (24) des membranartigen  
Sensors (12) in einem Sensorsubstrat (25) eine Vertiefung  
(26a) ausgebildet ist und die der Vertiefung (26a) abgewandte  
Seite der Sensormembran (24) mit der Trennmembran (22) in  
30 Verbindung steht.

9. Druckgeber nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,

12

dass auf dem in mikromechanischer Bauweise ausgeführten Teil des Gehäuses vorgesehene elektrische Leitstrukturen mit auf dem Sensorsubstrat (25) vorgesehenen elektrischen Leitstrukturen mittels Kontakt-Bumps (27) verbunden sind.

5

10. Druckgeber nach einem der Ansprüche 3 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Gehäuse (11) mindestens einen Anschluss (36) für das Fluid aufweist.

10

11. Druckgeber nach einem der Ansprüche 3 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Gehäuse (11) mit einem Einlass (17) und einem Auslass (18) für das Fluid ausgestattet ist.

15

12. Druckgeber nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass an der dem Fluid abgewandten Seite der Trennmembran (22) ein Temperaturfühler (29) angebracht ist.

20

Zusammenfassung

Druckgeber mit Drucksensor in mikromechanischer Bauweise

5 Es wird ein Druckgeber mit einem Gehäuse (11) vorgeschlagen,  
an dem ein Drucksensor (12) befestigt ist. Erfindungsgemäß  
ist in dem Gehäuse ein mikromechanisch hergestellter Bereich  
mit verringerter Wandstärke vorgesehen, der eine Trennmembran  
(22) bildet, so dass das in einem Kanal (16) befindliches  
10 Fluid nicht auf den Drucksensor (12) wirkt. Der Drucksensor  
(12) ist mit einer Sensormembran (24) über eine Verbindungs-  
schicht (23) direkt mit der Trennmembran verbunden, wodurch  
ein sehr platzsparender Aufbau des Druckgebers möglich ist.  
Damit kann der erfindungsgemäße Druckgeber beispielsweise  
15 durch den Drucksensor und eine in mikromechanischer Bauweise  
hergestellte Kanalstruktur, beispielsweise einen Mikroreaktor  
gebildet werden. Dabei entsteht im Bereich des Druckgebers  
ein geringes Totvolumen in der Kanalstruktur.

20 FIG 1

